

1

5년간 연세대학교 치과대학병원 소아청소년의 치과 방사선 검사 및 유효선량 조사

김주희¹, 이채나², 김익환³, 이재호¹, 강정민¹

¹연세대학교 치과대학 소아치과학교실

²연세대학교 치과대학 영상치의학교실

³연세대학교 치과대학병원 소아치과

간추린 제목 : 소아청소년의 치과 방사선 검사 연구

ORCID ID

Joo-Hee Kim,  <https://orcid.org/0000-0002-3982-6999>

Chena Lee,  <http://orcid.org/0000-0002-8943-4192>

Ik-Hwan Kim,  <https://orcid.org/0000-0003-4444-532X>

Jaeho Lee,  <https://orcid.org/0000-0002-1556-3485>

Chung-Min Kang,  <https://orcid.org/0000-0001-7813-3741>

ABSTRACT

Investigation of dental radiography examinations and effective dose of children and adolescents in Yonsei University Dental Hospital for 5 years

Joo-Hee Kim¹, Chena Lee², Ik-Hwan Kim³, Jaeho Lee¹, Chung-Min Kang¹

¹Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Yonsei University, Seoul, Korea

²Department of Oral and Maxillofacial Radiology, College of Dentistry, Yonsei University, Seoul, Korea

³Department of Pediatric Dentistry, Yonsei University Dental Hospital, Seoul, Korea

Running title : A study of dental radiography examination of children and adolescents

Purpose: This study aimed to investigate the dental radiography status and radiation risk of children and adolescents for 5 years in Yonsei University Dental Hospital.

Materials and Methods: The dental radiography database of individuals under the age of 18 years was provided by the electronic medical records (EMR) from Yonsei University Dental Hospital from 2015 to 2019. The type of dental radiography included panoramic radiography, periapical radiography, bitewing radiography, cephalometric radiography, cone-beam computed tomography and computed tomography. The number of dental radiographies and the effective dose per person was investigated.

Results: For 5 years, panoramic and periapical radiography were taken the most. Panoramic radiography, periapical radiography, bitewing radiography, cephalometric radiography, cone-beam computed tomography and computed tomography were taken the most at the age of 5–7 years, 4 years, 18 years, 18 years, 18, 7 years and 10, 11 years respectively. As analyzed by department, the radiographs were taken the most in order of pediatric dentistry, orthodontic, conservative dentistry. The annual average of effective dose per person increased with age, and it was highest at the age of 18 years. But it was lower than 1.0 mSv, the annual standard of defense in the general public. The effective dose of over 80% of patients are under 0.1 mSv. But there were 2 patients whose effective dose was over 1.0 mSv. The annual average effective dose per person by dental radiography type was highest at the age of 0–3 years for periapical radiography and at the age of over 4 years for panoramic radiography.

Conclusion: This investigation into the status of number of dental radiography and effective dose for individuals of children and adolescents will contribute to maximizing the benefits of dental radiography and minimizing the radiation dose.

Key words : Dental radiography, Radiation, Child, Adolescent

Corresponding Author

Chung-Min Kang, DDS, MSD, PhD, Assistant Professor

Department of Pediatric Dentistry in Yonsei University College of Dentistry,

50-1 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul, 03722, Korea

Tel : +82-2-2228-3174 / Fax : +82-2-392-7420 / E-mail : KANGCM@yuhs.ac

ACKNOWLEDGEMENT This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT) (No. NRF-2020R1G1A1100275).

www.kci.go.kr

I. 서론

치과 방사선촬영은 진단, 치료계획 수립, 치료, 주기적인 추적 관찰에 중요한 역할을 한다. 치아우식증, 외상, 발육상태, 치주질환 등을 확인하기 위해 방사선사진을 촬영하고 확인하려는 부위 및 목적에 따라 촬영 종류가 달라진다¹⁾.

환자에 대한 과도한 방사선 조사를 막기 위해 International Commission on Radiological Protection (ICRP)의 권고안에서 방사선 방어의 세가지 원칙을 다음과 같이 제시하였다. 첫째, 발생 가능한 손해보다 이득이 충분하지 않다면 시행하지 말아야 한다(정당화). 둘째, 방사선 노출은 목적을 달성할 수 있는 범위 내에서 가능한 최소로 해야 하며(최적화), 이는 “as low as reasonably achievable (ALARA)” 원칙으로 불린다. ALARA 원칙은 Bushberg(2014)²⁾에 의해 “as low as diagnostically acceptable (ALADA)”의 개념으로 변형되어 제안되었는데, 진단적인 가치가 있는 영상을 얻을 수 있는 범위 내에서 가능한 방사선 노출을 최소로 해야 한다는 원칙이다. 마지막으로 개인의 방사선 위험도가 허용범위를 초과하지 않도록 방사선 노출을 제한해야 한다(선량제한)³⁾. 또한 linear-no-threshold 가설에 따르면 과학적으로 검증되지 않은 영역인 100.0 mSv 이하일 경우, 방사선으로 유발되는 위험이 임계값 없이 비례적으로 증가한다. 때문에, 낮은 선량에서도 방사선 방호가 필요하다는 주장을 뒷받침해준다⁴⁾.

유효선량은 방사선 조사에 대한 영향을 평가하는 일반적인 방법이다. 원자력 안전법 시행령 제2조제4호에 따라 유효선량 한도는 방사선관련종사자는 1년동안 50.0 mSv이고 5년간 누적량이 100.0 mSv를 넘으면 안 된다. 일반대중의 유효선량 한도는 1년동안 1.0 mSv이고 만일이 수치보다 높게 노출되면 5년간 평균이 1.0 mSv를 넘지 않아야 한다⁵⁾.

특히 소아의 경우 성장중인 장기와 조직은 방사선에 더 민감하게 반응하며, 남은 일생이 성인에 비해 길어 방사선 조사로 인한 유해한 영향을 받을 확률이 더 높다. 이 때문에 같은 조사량에서도 소아는 성인에 비해 암에 이환될 위험도가 크다⁶⁾. Claus 등(2012)⁷⁾, Memon 등 (2010)⁸⁾에 의하면 치과 방사선 조사로 인해 갑상선암, 뇌수막종 등의 위험이 커진다.

한편 우리나라는 의료방사선 사용 증가에 따라 의료방사선 선량이 함께 증가하는 추세에 있다. 2019년 기준 국내 의료방사선에 의한 1인당 유효선량은 약 2.42 mSv로 나타났으며 이는 2016년 1.96 mSv에 비해 약 23% 증가한 수치이다. 또한 최근 4년간 의료방사선에 의한 집단 유효선량은 연평균 7.6%씩 증가하는 추세로 나타났다⁹⁾.

이렇게 방사선량이 증가함에 따라 방사선 방어와 국민 보건 관점에서 우려가 된다. 국가적으로 환자 방사선량 안전관리를 위해 진단참고수준을 갱신하고 의료방사선 이용에 따른 국민 방사선량을 조사하는 등 최소한의 방사선 노출을 위한 노력을 하고 있다^{9,10)}. 이처럼 소아청소년의 특성 및 방사선 조사의 원칙에 따라 방사선 촬영에 주의를 기울여야 하며, 우선적으로 소아청소년의 치과 방사선 이용 실태를 파악하고 그 방사선량을 평가하는 것이 필요하다. 하지만 치과 방사선촬영만으로 소아청소년 개개인의 방사선량을 평가하는 이전 연구는 없었다.

따라서 이 연구는 2015년부터 2019년까지 5년간의 연세대학교 치과병원의 소아청소년의 치과 방사선촬영 현황 및 1인당 연간 유효선량을 조사하였다.

II. 대상 및 방법

이 연구는 연세대학교 치과대학병원 임상 연구 윤리 위원회(Institutional Review Board, IRB)의 승인을 받아 시행되었다(IRB No: 2-2020-0030).

1. 연구 대상

2015년 1월 1일부터 2019년 12월 31일까지 연세대학교 치과병원의 구강내과, 구강악안면외과, 교정과, 보존과, 보철과, 소아치과, 치주과, 통합치의학과에 내원한 만 18세 이하의 소아청소년 42,596명을 대상으로 하였다. 치과 방사선촬영 중 파노라마방사선촬영, 치근단방사선촬영, 교익방사선촬영, 두부규격방사선촬영, 콘빔전산화단층촬영(콘빔CT), 전산화단층촬영(CT)을 조사하였다.

2. 연구 방법

연세대학교 치과병원의 전자의무기록(electronic medical records, EMR)을 토대로 자료를 수집하였고, 각 환자의 내원번호, 시행일자, 등록번호, 생년월일, 처방시 나이, 처방과, 처방코드, 용량에 관한 자료를 이용하여 분석을 시행하였다.

1) 연도별, 연령별 치과 방사선촬영 환자 수 및 촬영 수

5년간 내원한 환자의 연도별, 연령별 치과 방사선촬영 환자 수 및 촬영 수를 비교하였고, 연도에 따른 촬영 수를 환자 수로 나누어 1명당 촬영 수를 구하였다. 환자의 연령은 만 나이로 기록되었기 때문에 동일 연도에 연령이 바뀌는 환자인 경우 더 어린 연령으로 포함시켰으며 이후 항목에서도 동일하게 적용하였다.

2) 치과 방사선촬영 종류별 치과 방사선촬영 수

치과 방사선촬영 종류별로 연도별, 연령별 촬영 수를 비교하였다.

3) 과별 치과 방사선촬영 수

과별로 치과 방사선촬영 수를 조사하였다. 촬영 종류를 통합하여 연도별로 비교하였고, 연도를 통합하여 촬영 종

류별로 촬영 수의 추세를 알아보았다.

4) 연령별 1인당 연간 유효선량

매년 방사선촬영을 한 환자 개인별로 연령별 평균 유효선량 값을 계산하였다. 각 치과 방사선촬영별 유효선량은 대표성 및 국내의 다른 기관과의 비교를 위해 질병관리청의 정책연구인 '의료방사선 이용에 따른 국민 방사선량 평가 연구'를 참고하여 파노라마방사선촬영 0.059 mSv, 치근단방사선촬영 및 교익방사선촬영 0.0028 mSv, 두부규격방사선촬영 0.005 mSv, 콘빔CT 0.1395 mSv, 상악 CT 0.24 mSv, 하악 CT 0.28 mSv로 설정하였다⁹⁾.

파노라마, 치근단, 교익, 두부규격방사선촬영 및 콘빔CT의 유효선량 기준은 2020년 질병관리청에서 시행한 정책연구에서 치과 방사선촬영 중 10세 기준 유효선량 자료를 활용하였다. 구내촬영은 각 부위별 유효선량 값의 평균값을 이용하였다. 콘빔CT는 소아청소년에서 촬영 빈도가 높은 상악 전치 및 견치 유효선량 값의 평균값을 이용하였다⁹⁾. CT 유효선량 기준값은 질병관리본부에서 개발한 CT 촬영에 대한 환자 선량계산 프로그램인 ALARA-CT를 참고하였다¹¹⁾. 해당 기관의 CT 촬영조건에 부합하는 Optima CT(General Electric Healthcare, Chicago, IL, USA)를 기준으로 연령은 10세, 관전압 100kV, 관전류량 140mAs, 2.5mm collimation, pitch 0.9로 설정하였다. 상악은 검사범위 12 - 16으로, 하악은 검사범위 15 - 19로 설정하여 유효선량 값을 구하였다.

5) 연도별 유효선량에 따른 환자 분포

1인당 유효선량을 0.1 mSv 단위로 나누어 각 범위에 해당하는 유효선량을 갖는 환자 수의 분포를 연도별로 나타내었다. 또한 1회 촬영시 선량이 큰 콘빔CT와 CT가 1인당 유효선량에 미치는 영향을 알아보기 위해, 콘빔CT의 유효선량 보다 큰 0.2 mSv 이상 구간에서 환자들의 콘빔CT 및 CT 촬영 여부를 조사하였다.

6) 연평균 치과 방사선촬영 종류별 1인당 유효선량

치과 방사선촬영 종류별로 연간 1인당 유효선량을 각 연령별로 조사했다. 해당 촬영 종류 및 나이의 환자가 촬영한 방사선 수와 유효선량 값을 곱한 후 해당 나이의 전체 환자 수로 나누어 5개년 평균을 구하였다.

3. 통계분석

Spearman's rank correlation test를 시행하여 0.01 유의수준에서 연령 및 연도와 유효선량간의 관련성을 확인하였다. 통계분석은 통계프로그램(SPSS for Windows, version 26.0; IBM Inc., Chicago, USA)을 이용하였다.

III. 결과

1. 연도 및 연령별 치과 방사선촬영 소아청소년 환자 수 및 촬영 수

연령별 분포를 살펴보면 만 0-2세의 연 평균 환자 수 및 촬영 수가 각각 500명, 1000장 미만으로 현저히 적었고, 만 5-7세의 연 평균 환자 수 및 촬영 수가 각각 2000명, 3500장 이상으로 가장 많았다. 연도별 분포를 살펴보면 뚜렷한 차이는 없지만 2019년도에 25,762명으로 가장 많은 환자가 치과 방사선촬영을 했으며, 2018년도에서 46,243장으로 가장 많은 방사선촬영이 시행되었다(Table 1,2). 인당 평균 촬영 수를 계산했을 때 모든 연도

Table 1. The number of patients by age and year

Year/Age	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2015	32	228	535	828	1,179	1,773	1,959	1,878	1,574	1,299	1,191	1,205	1,031	1,135	1,166	1,123	1,092	1,067	1,601
2016	32	203	406	871	1,176	1,924	1,881	1,941	1,610	1,343	1,276	1,167	1,113	1,041	1,055	1,091	1,059	1,072	1,529
2017	23	164	386	776	1,428	2,235	2,175	1,989	1,856	1,656	1,334	1,198	1,145	1,097	971	1,040	1,077	1,086	1,474
2018	27	174	401	823	1,363	2,527	2,417	2,399	1,956	1,703	1,491	1,450	1,250	1,186	1,088	960	985	1,209	1,680
2019	21	139	303	680	1,437	2,299	2,632	2,633	2,250	1,772	1,662	1,560	1,379	1,169	1,060	1,071	995	1,041	1,659
Mean	27	182	406	796	1,317	2,152	2,213	2,168	1,849	1,555	1,391	1,316	1,184	1,126	1,068	1,057	1,042	1,095	1,589

Table 2. The number of dental radiographies by age and year

Year/Age	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2015	40	422	1,249	2,414	3,257	3,601	3,467	3,327	2,805	2,233	2,107	2,071	1,792	1,945	1,989	1,998	1,723	1,784	2,679
2016	58	369	864	2,521	3,221	3,716	3,309	3,308	2,783	2,291	2,168	2,002	1,853	1,759	1,800	1,920	1,908	1,773	2,691
2017	31	292	886	2,235	4,039	4,529	3,808	3,448	3,151	2,645	2,266	1,956	1,974	1,931	1,761	1,776	1,995	1,919	2,615
2018	45	320	970	2,458	3,601	4,760	4,026	4,052	3,375	2,782	2,410	2,390	2,172	2,229	1,974	1,726	1,728	2,166	3,059
2019	33	290	726	2,174	3,671	3,956	4,233	4,180	3,540	2,857	2,667	2,597	2,258	2,121	1,955	1,915	1,742	1,941	2,987
Mean	41	339	939	2,360	3,558	4,112	3,769	3,663	3,131	2,562	2,324	2,203	2,010	1,997	1,896	1,867	1,819	1,917	2,806

Table 3. The number of dental radiographies per person by age and year

Year/Age	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2015	1.25	1.85	2.33	2.92	2.76	2.03	1.77	1.77	1.78	1.72	1.77	1.72	1.74	1.71	1.71	1.78	1.58	1.67	1.67
2016	1.81	1.82	2.13	2.89	2.74	1.93	1.76	1.70	1.73	1.71	1.70	1.72	1.66	1.69	1.71	1.76	1.80	1.65	1.76
2017	1.35	1.78	2.30	2.88	2.83	2.03	1.75	1.73	1.70	1.60	1.70	1.63	1.72	1.76	1.81	1.71	1.85	1.77	1.77
2018	1.67	1.84	2.42	2.99	2.64	1.88	1.67	1.69	1.73	1.63	1.62	1.65	1.74	1.88	1.81	1.80	1.75	1.79	1.82
2019	1.57	2.09	2.40	3.20	2.55	1.72	1.61	1.59	1.57	1.61	1.60	1.66	1.64	1.81	1.84	1.79	1.75	1.86	1.80
Mean	1.53	1.88	2.32	2.98	2.70	1.92	1.71	1.70	1.70	1.65	1.68	1.68	1.70	1.77	1.78	1.77	1.75	1.75	1.76

에서 만 3, 4세에서 각각 2.97장, 2.71장으로 가장 많이 촬영하였다(Table 3).

2. 임상과별 소아청소년 대상 치과 방사선촬영 수

1) 연도별 과별 치과 방사선촬영 수

과별 연간 방사선촬영 수를 비교해보면 소아치과가 연 평균 26971장으로 월등히 많이 촬영하였고, 이후로 교정과 7,521장, 보존과 3,911장으로 많이 촬영하였다. 치주과, 보철과가 연 평균 150장 미만으로 가장 적게 촬영하였다(Fig. 1A).

2) 치과 방사선 종류별 과별 치과 방사선촬영 수

치과 방사선 종류별로 살펴보면 소아치과에서 치근단 연 평균 19,670장, 파노라마 6,199으로 가장 많이 촬영했다. 교익방사선촬영은 보존과가 626장으로 가장 많았고, 두부규격방사선촬영은 교정과가 2,455장, 콘빔CT 및 CT는 구강악안면외과가 각각 499장, 95장으로 가장 많이 촬영했다(Fig. 1B).

3. 치과 방사선촬영 종류별 연령별 치과 방사선촬영 수

5년 평균 치과 방사선촬영은 치근단방사선촬영이

61.2%로 월등히 많았고, 파노라마방사선촬영 25.2%, 두부규격방사선촬영 8.4%, 콘빔CT 2.7%, 교익방사선촬영 2.1%, CT 0.4% 순으로 촬영되었다.

1) 파노라마방사선촬영의 연령별 촬영 수

5년 동안 파노라마방사선의 연간 촬영 수는 만 3세까지 50장 미만으로 적었고, 만 4세에서 273장으로 증가하는 경향성을 보인다. 만 5세에서 1,032장으로 월등히 증가하였다. 만 5-7세에서 연 평균 1000장 이상으로 가장 많이 촬영하였다. 이후 만 14세까지 촬영 수는 감소하다가 만 15세 이후 증가하는 추세를 보였다(Fig. 2A).

2) 치근단방사선촬영의 연령별 촬영 수

5년 동안 치근단방사선의 연간 촬영 수는 만 4세가 3,259장으로 가장 많이 촬영하였다. 만 4세까지 증가하다가 이후로 만 12세까지 감소하는 추세를 보였다(Fig. 2B).

3) 교익방사선촬영의 연령별 촬영 수

5년 동안 교익방사선의 연간 촬영 수는 만 7세까지는 최대 0.4장으로 거의 촬영하지 않다가 이후로 18세까지 증가하는 경향성을 보였으며, 만 18세에서 연 평균 200장으로 가장 많이 촬영하였다(Fig. 2C).

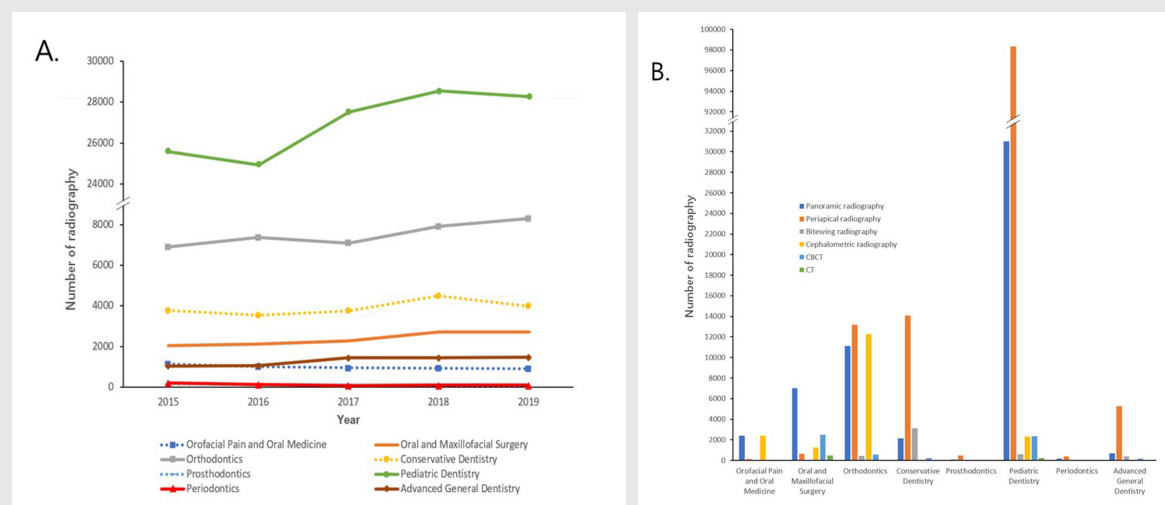


Figure 1. The number of dental radiographies by department. (A) The number of dental radiographies by department and year. (B) The number of dental radiographies by department and dental radiography type. CBCT: Cone beam computed tomography, CT: Computed tomography

4) 두부규격방사선촬영의 연령별 촬영 수

5년 동안 두부규격방사선의 연간 촬영 수는 만 6세까지는 71장 이하로 적었지만, 만 7세에 167장으로 촬영 수가 증가했고 만 12세까지 348장으로 증가하는 추세를 보였다. 이후 만 16세까지 감소하는 경향을 보이다 만 18세에 연 평균 463장으로 모든 연령 중 가장 많이 촬영하였다(Fig. 2D).

5) 콘빔CT의 연령별 방사선촬영 수

5년 동안 콘빔CT의 연간 촬영 수는 만 18세 181장으로 가장 많이 촬영하였고, 만 7세 163장으로 두번째로 많이 촬영하였다(Fig. 2E).

6) CT의 연령별 방사선촬영 수

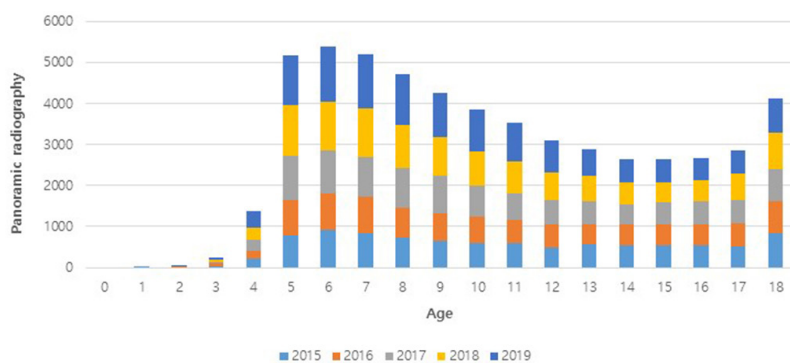
5년 동안 CT의 연간 촬영 수는 만 10,11세에 19장으로

가장 많이 촬영했다. 다른 치과 방사선촬영에 비해 총 촬영 수가 적어 연령별로 큰 차이는 보이지 않았다(Fig. 2F).

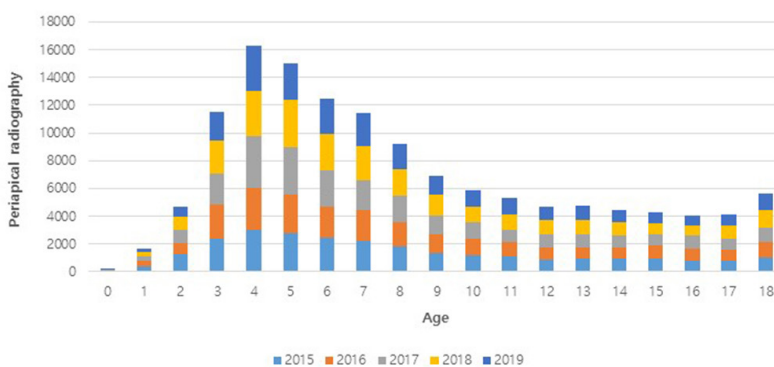
4. 연령별 1인당 연간 유효선량

연령 및 연도와 유효선량과의 상관관계를 분석한 결과, 연령과 유효선량은 상관관계수 0.371로 약한 정의 상관관계를 갖고 있었다($p < 0.01$). 연도와 유효선량은 상관관계수가 0.089로 상관관계가 없었다($p < 0.01$). 만 18세 미만 소아청소년들의 평균 1인당 유효선량은 0.0615 mSv로 각 환자별 최소값은 0.0028 mSv, 최대값은 1.0896 mSv이었다. 가장 높은 연 평균 유효선량을 보이는 연령은 만 18세로 0.0982 mSv이었으며, 모든 연령에서 5년간 평균 유효선량 값은 일반대중의 유효선량 한도인 1.0 mSv보다 낮았다(Fig. 3). 연령별 연간 평균 1인당 유효선량 및 최대

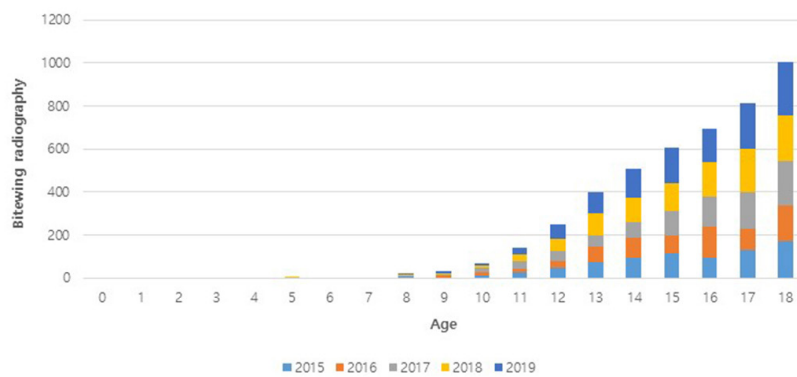
A.



B.



C.



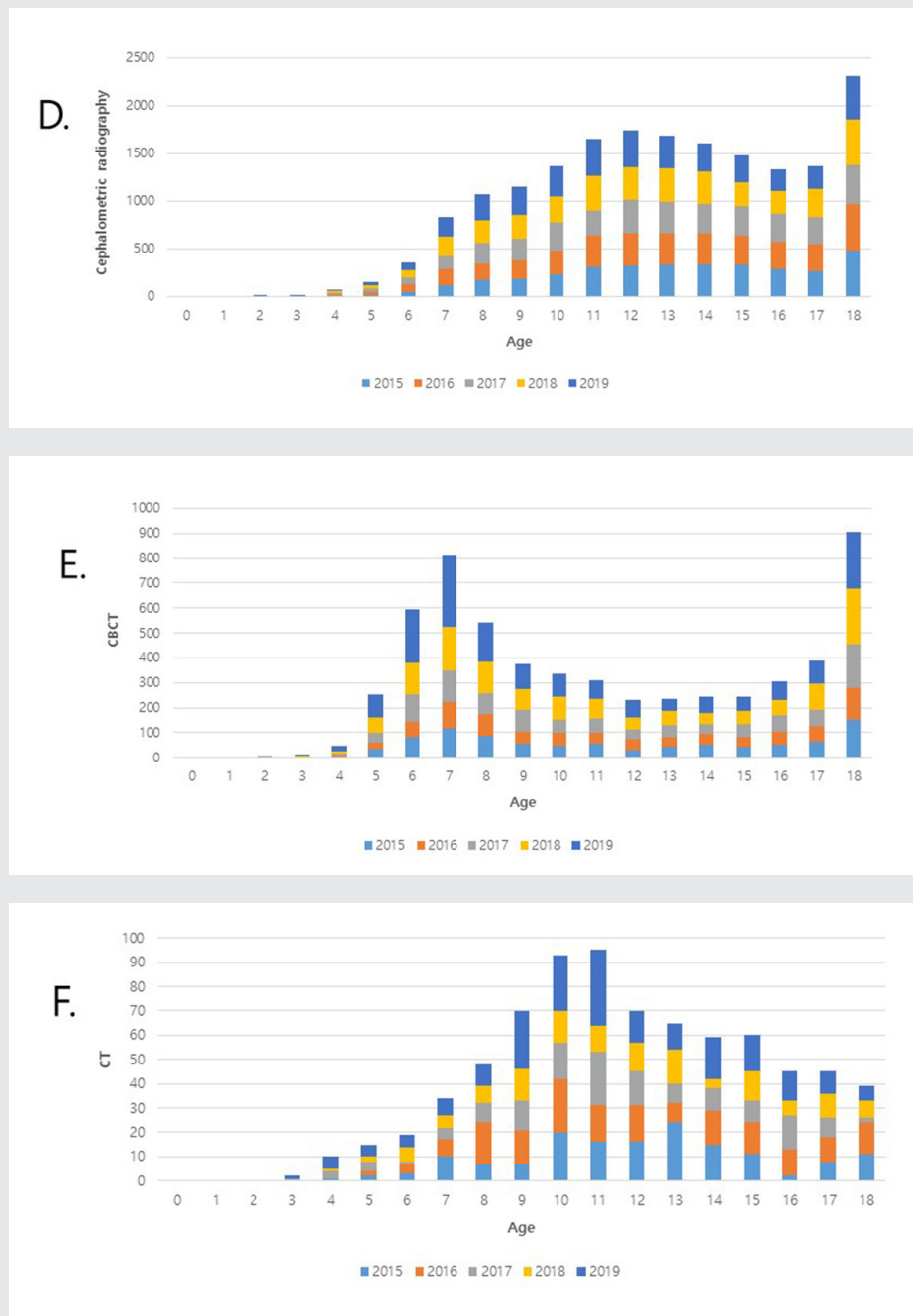


Figure 2. The number of dental radiographies by age and dental radiography type. (A) Panoramic radiography. (B) Periapical radiography. (C) Bitewing radiography. (D) Cephalometric radiography. (E) CBCT. (F) CT. CBCT : Cone beam computed tomography, CT: Computed tomography

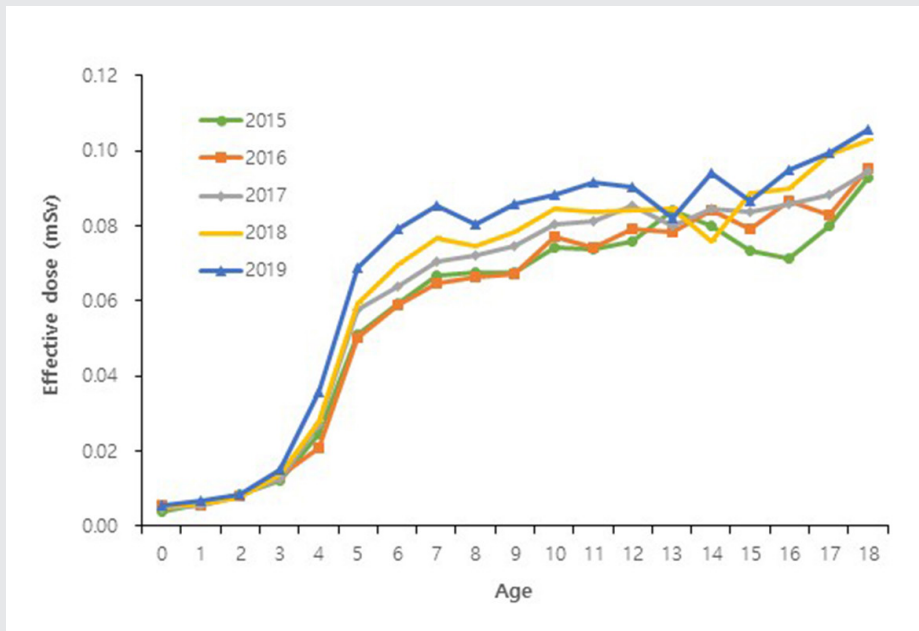


Figure 3. Annual effective dose per person by age.

값은 부록에 첨부하였으며 1.0 mSv 이상의 유효선량 값을 보이는 환자는 2016년에 만 14세(1.0150 mSv), 2017년에 만 10세(1.0896 mSv)로 총 두 명이었다.

5. 연도별 유효선량에 따른 환자 분포

모든 연도에서 80% 이상의 환자의 유효선량은 0 - 0.1 mSv 구간에 속했다. 또한 모든 연도에서 0.7 - 0.8 mSv 구간까지 유효선량이 커질수록 해당하는 환자의 수는 줄어들었으며, 0.8 mSv 이상의 유효선량을 조사받은 환자는 5년 동안 총 11명이었다(Table 4).

콘빔CT의 유효선량보다 큰 0.2 mSv 이상의 선량을 받은 환자들이 콘빔CT 또는 CT를 촬영했는지에 대한 조사를 한 결과, 2015년에는 787명 중에 771명(98%), 2016

년에는 763명 중에 741명(97.1%), 2017년에는 869명 중에 819명(94.2%), 2018년에는 1116명 중에 1054명(94.4%), 2019년에는 1369명 중에 1329명(97.1%)이었다.

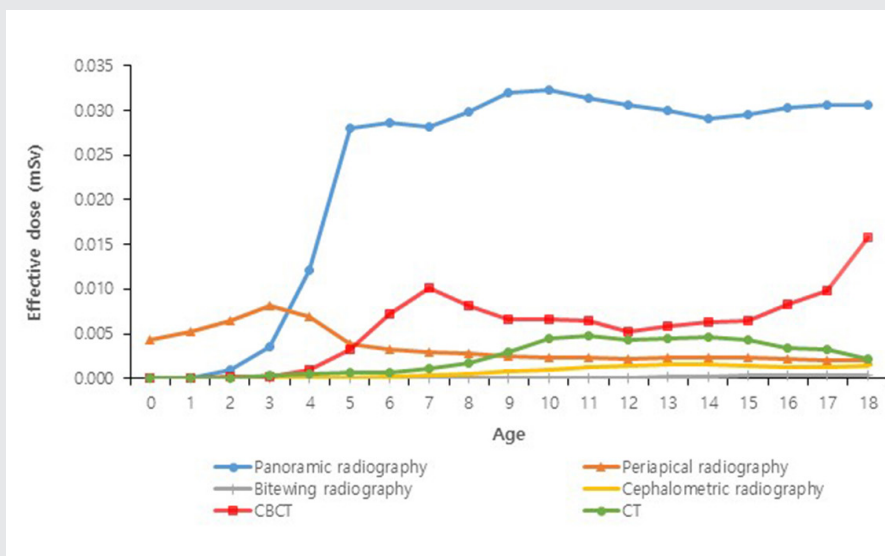
6. 연평균 치과 방사선촬영 종류별 1인당 유효선량

1인당 유효선량에서 치과 방사선촬영 종류별로 차지하는 비율은 0 - 18세 소아청소년 전체에서 파노라마방사선촬영(65.1%), 콘빔CT(16%), 치근단방사선촬영(9.9%), CT(6.5%), 두부규격방사선촬영(2.1%), 교익방사선촬영(0.3%) 순이었다. 각 연령군별로 살펴보면 만 3세까지 치근단방사선촬영이 전체 촬영의 66.6% - 100%(0.004 - 0.008 mSv)로 가장 높았고, 파노라마 방사선촬영이 0% - 28.9%(0 - 0.004 mSv)로 두번째로 높은 비율을 차지했다.

Table 4. Distribution of the number(percentage) of patients by effective dose and year

Year/ ED	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.3	0.3-0.4	0.4-0.5	0.5-0.6	0.6-0.7	0.7-0.8	0.8-0.9	0.9-1.0	1.0-
	N(%)										
2015	12001(88.59)	758(5.6)	612(4.52)	133(0.98)	26(0.19)	8(0.06)	4(0.03)	2(0.01)	2(0.01)	0(0)	0(0)
2016	11768(87.55)	910(6.77)	575(4.28)	133(0.99)	32(0.24)	13(0.1)	6(0.04)	1(0.01)	2(0.01)	0(0)	1(0.01)
2017	12165(86.73)	993(7.08)	704(5.02)	110(0.78)	31(0.22)	12(0.09)	5(0.04)	3(0.02)	2(0.01)	1(0.01)	1(0.01)
2018	12637(84.91)	1130(7.59)	913(6.13)	145(0.97)	35(0.24)	14(0.09)	6(0.04)	1(0.01)	1(0.01)	1(0.01)	0(0)
2019	12252(81.46)	1419(9.43)	1101(7.32)	187(1.24)	49(0.33)	17(0.11)	11(0.07)	4(0.03)	0(0)	0(0)	0(0)

* ED : effective dose (mSv)

Figure 4. Average annual effective dose per person by age and dental radiography type.
CBCT: Cone beam computed tomography, CT: Computed tomography

만 4세 이후로는 파노라마방사선촬영이 전체 촬영의 58.5% - 78.2%(0.012 - 0.032 mSv)로 가장 높았다. 만 4 - 5세는 치근단방사선촬영이 각각 33.8%(0.007 mSv),

10.9%(0.004 mSv)로 두번째로 높았고, 만 6세 이후로는 콘빔CT가 12.1% - 30.1%(0.005 - 0.016 mSv)로 두번째로 높게 나타났다(Fig. 4).

IV. 고찰

치과의사는 정확한 진단 및 치료계획 수립을 위해 방사선 영상을 촬영한다. 하지만 목적을 달성할 수 있는 범위 내에서 방사선 노출을 가능한 최소로 해야하기 때문에 (ALARA), 무분별한 방사선촬영은 옳지 않다. 또한 소아는 성장중인 장기와 조직이 방사선에 더 민감하게 반응하며, 남은 일생이 성인에 비해 길어 방사선 조사로 인한 유해한 영향을 받을 확률이 더 높다⁶⁾. 때문에 소아 및 청소년들의 치과 방사선촬영이 무분별하게 행해져서는 안 되며, 방사선 조사를 최소화하기 위한 노력을 해야 한다.

이 연구에서 연간 파노라마방사선촬영 수는 만 5 - 7세가 가장 많았고, 과별로 분석시 소아치과가 가장 많았다. 소아치과에서도 만 5 - 7세에 파노라마방사선촬영을 가장 많이 하였다. 파노라마방사선촬영은 전반적인 치아와 악골 구조를 파악할 수 있다는 큰 장점이 있는 촬영방법이지만, 구내사진 촬영에 비해 촬영시간이 길고 노출시간 중 환자의 움직임이 없어야 한다¹²⁾. 따라서 협조도 문제로 만 4세까지는 파노라마방사선촬영에 어려움이 있을 수 있다. 또한 건강보험심사평가원의 보건의료 빅데이터 개방 시스템에서 만 5 - 9세의 다빈도질병 통계를 살펴보면 치아의 발육 및 맹출 장애 상병명이 급성 기관지염 다음으로 많은 환자 수를 보였다¹³⁾. 이 때문에 파노라마방사선촬영 노출시간 동안의 최소한의 협조도를 얻을 수 있으며, 치아의 발육 및 맹출장애가 상대적으로 많은 만 5 - 7세 연령이 파노라마방사선촬영이 많았다고 생각할 수 있다.

치근단방사선의 연간 촬영 수는 만 4세가 가장 많이 촬영하였다. 과별로는 소아치과가 가장 많이 촬영했으며, 소아치과 내에서도 전체적인 경향과 동일하게 만 4세에 가장 많이 촬영했다. 이는 파노라마방사선촬영이 만 4세미만 연령에서는 적게 촬영한 것과 연관하여 해석할 수 있으며, 앞서 언급하였듯 소아의 협조도 문제로 파노라마방사선촬영이 어렵기 때문에 진단에 필요한 부위를 모두 구

내촬영을 통해 촬영이 필요할 수 있다. 게다가 유치는 인접치와의 접촉점이 영구치보다 넓고 편평한 해부학적 형태를 가지고 있어 인접면우식증이 호발한다. 우식 환경에 노출된 치아에 와동이 형성되기 까지는 약 1~2년의 기간이 필요하며, 따라서 만 3세에 유치열이 완성된 이후 만 4세부터 영구치의 인접면우식증이 많이 발생하는 것으로 보인다¹⁴⁾. 이러한 이유로 만 4세경 치근단방사선촬영 수가 가장 많았다고 볼 수 있다.

연간 교익방사선촬영 수를 조사한 결과 청소년기에 많이 촬영했음을 알 수 있다. 과별로는 보존과, 소아치과 순으로 많이 촬영했다. 교익방사선촬영은 1장의 촬영으로 상하악 여러치아의 인접면을 확인할 수 있다는 장점이 있으며, 해당 부위를 치근단방사선촬영으로 확인이 필요할 때에는 교익방사선촬영시보다 많은 수의 촬영이 필요하다. Taylor와 Macpherson(2004)¹⁵⁾의 연구에서 만 6세 이하의 교익방사선촬영이 적었으며 그 고려사항 중 협조도 문제가 2번째로 많았다. 소아와 성인의 교익방사선촬영법은 같지만, 해부학적으로 소아의 구강구조가 작고 구개가 낮으며 구강저 깊이도 얇다. 따라서 소아의 교익방사선촬영시 크기가 작은 필름을 사용하는 것이 소아의 통증 및 구토반사를 줄일 수 있다¹⁶⁾. 하지만 이 연구를 시행한 연세대학교 치과병원에서는 성인용 1가지 크기의 센서를 사용하여 소아의 해부학적인 요인을 고려했을 때 촬영이 어려웠을 수 있다. 따라서 소아용 방사선촬영 센서를 구비하여 방사선촬영 수를 줄일 수 있도록 하는 노력이 필요할 것이다.

이 연구에서 두부규격방사선의 연간 촬영 수는 과별로 분석시 교정과에서 가장 많이 촬영하였고, 구강내과, 소아치과, 구강악안면외과 순으로 많았다. 연령별로 분석시 만 7세 때 촬영 수가 만 6세에 비해 35%만큼 크게 증가했으며, 영구치열기가 완성되는 만 12세경 두번째로 많았고, 성장이 완료되는 만 18세에 가장 많이 촬영했다. 두부규격방사선촬영은 교정 진단을 위해 주로 촬영하는데, 교정

치료가 시작되는 시기는 성장을 이용할 수 있는 조기 치료와 후기치료 그리고 영구치열기로 구별할 수 있다¹⁷⁾. 이 연구에서도 교정과에서 만 12세에, 소아치과에서 만 7, 8세에 가장 많이 촬영하였으며, 이는 앞서 언급한 교정치료 시기와 연관된 것으로 보인다. 성장이 완료되고 나서는 단순히 교정진단 뿐만 아니라 악교정 수술과 관련하여 두부규격방사선촬영을 하는 경우가 증가할 수 있다. 3차 의뢰기관인 대학병원이라는 특성상 악교정수술을 위한 방사선촬영이 많을 수 있어 만 18세에서 두부규격방사선촬영을 더 많이 했을 것으로 생각된다. 과별로 두번째로 많이 촬영한 구강내과에서는 주로 측두하악장애의 진단을 위해 촬영을 하는데, 이 연구에서 청소년 시기에 촬영 수가 많았으며 연령이 증가하면서 촬영 수도 증가하였다. Huddleston 등(2007)¹⁸⁾에 의하면 청소년기에서 연령이 증가할수록 정복성 관절원판 전방변위의 유병률이 증가했으며, Nilsson 등(2007)¹⁹⁾은 연령이 증가할수록 자각적 TMD 발병률이 증가한다고 했다.

치과용 콘빔CT는 세계적으로 보급률이 높은 편이며 사용이 확대되고 있다. 콘빔CT 촬영의 적응증으로는 매복치와 과잉치의 진단, 악골 내 병소 및 악관절의 진단, 치근 및 근관 형태 확인, 임플란트 식립을 위한 준비 등이 있다^{20,21)}. 소아에서는 특히 매복치 및 과잉치 진단을 위해 콘빔CT를 많이 촬영하며 질병관리청의 진단참고수준 설정 시에도 소아의 콘빔CT는 매복치와 과잉치 발치를 기준으로 하고 있다¹⁰⁾. 과별 촬영 수를 살펴봤을 때 구강외과, 소아치과 순서로 많이 촬영했고, 연간 촬영 수는 만 7세에서 촬영 수가 큰 폭으로 증가했다. 환자의 협조도와 인접영구치의 성숙도를 고려했을 때 평균적으로 만 7 - 8세경 과잉치 발거 수술을 함에 따라 콘빔CT의 촬영 수가 많아졌다고 생각할 수 있다²²⁾. 또 한 번 큰 증가폭이 만 18세에 있었고 과별로도 구강악안면외과에서 만 18세에 가장 많이 촬영했다. 이는 매복 제3대구치 발치를 위해 촬영한 콘빔CT 수가 다른 연령보다 많기 때문으로 생각된다²³⁾.

미국에서의 Fontana 등(2022)²⁴⁾의 연구에서는 만 18세 이하의 소아청소년 방사선촬영 수는 교익방사선촬영, 치근단방사선촬영, 파노라마방사선촬영, 두부규격방사선촬영, 콘빔CT 순으로 많았으며, 이 연구에서는 교익방사선촬영이 5번째로 많이 촬영되었다는 점에서 차이가 있었다. Menaker 등(2022)²⁵⁾의 미국에서의 연구에서도 파노라마방사선촬영에 비해 교익방사선촬영의 수가 많았다. 이는 국가적 보험제도의 차이가 크게 작용했을 수 있다. 국민건강보험 즉 공공의료보험이 적용되는 한국과는 달리, 미국 치과에서의 설문조사 연구에는 35.6%가 환자의 보험 지급기준에 맞게 방사선촬영을 시행한다고 하였다²⁶⁾. 연령별로 비교시 Fontana 등(2022)²⁴⁾의 연구에서는 파노라마, 치근단, 교익, 두부규격방사선촬영은 6 - 12세군이 가장 많이 촬영했으며, 콘빔CT는 13 - 18세군이 가장 많이 촬영했다. 모든 촬영에서 5세 미만군이 가장 적은 촬영 수를 보였다. 이 연구에서도 파노라마 및 치근단방사선촬영은 6 - 12세군이 가장 많이 촬영하여 비슷한 추세를 보였으나, 0 - 5세군의 치근단방사선촬영은 2번째로 많았으며 특히 만 4세의 치근단방사선촬영의 수가 가장 많았다. Fontana 등(2022)²⁴⁾의 연구에서는 5세 미만 군에서는 유치열기로 공극이 있기 때문에 인접면우식증이 임상적으로 관찰되기 때문에 방사선촬영이 필요하지 않다는 근거를 들고 있지만, 유치열의 생리적 치간 공간은 상악 유견치의 근심측과 하악 유견치의 원심측 공간인 영장류 공간과, 나머지 전치들 사이에 관찰되는 다수의 공간인 발육공간으로 유구치 사이의 인접면우식증에는 적용하기가 힘들다¹⁴⁾. 하지만 환자의 협조도 문제로 어린 연령에서 파노라마방사선촬영을 이루는 것은 이 연구의 결과와 유사하였다.

Kim 등(2020)⁹⁾에 따르면 2019년 기준 국내 의료방사선 총 사용량은 약 3.7억 건으로, 치과 방사선촬영이 3,700만 건으로 두번째로 많이 촬영되었다. 국내 의료방사선에 대한 1인당 유효선량은 약 2.42 mSv였으며, 치

과 방사선촬영에 의한 1인당 유효선량은 0.014 mSv로 0.6%로 적은 비율을 차지했다. 이 연구에서 만 18세 미만 소아청소년들의 평균 1인당 유효선량은 0.0615 mSv였으며, 가장 많은 방사선량을 보인 연령은 0.0982 mSv로 만 18세였다. 이는 Kim(2020)⁹⁾의 연구가 모든 연령을 대상으로 하였기 때문에 1인당 유효선량 값에 차이가 나는 것으로 생각된다. 촬영 종류별로 비교시 Kim 등(2021)⁹⁾에 따르면 파노라마방사선촬영이 전체의 82.4%, 콘빔CT가 11.7%, 구내방사선촬영이 5.9%, 두부규격방사선촬영이 0.01%를 차지하였다. 이 연구에서 만 18세 미만 소아청소년들의 촬영 종류별 1인당 유효선량 비율도 파노라마방사선촬영이 전체의 65.1%, 콘빔CT가 16%, 치근단방사선촬영이 9.9%로 그 경향성이 비슷했다.

콘빔CT와 CT의 전체적인 촬영 수가 차지하는 비율이 각각 0.4%, 2.7%로 다른 종류에 비해 적지만, 촬영 종류별 1인당 유효선량 비율은 각각 6.5%, 16%로 촬영 수에 비해 많았다. 또한 연도별 유효선량의 환자 분포에서 1인당 유효선량이 0.2 mSv 이상인 환자들의 콘빔CT 또는 CT 촬영여부를 조사했을 때, 모든 연도에서 94%이상의 환자들이 촬영을 하였다. 이는 CT와 콘빔CT가 한 번의 촬영으로 조사되는 방사선량이 크기 때문으로 생각되며 불필요한 방사선 조사를 방지하기 위해 소아청소년의 조사 조건에 맞게 조절하는 것이 중요하다²⁷⁾. 또한 치근단방사선촬영 및 파노라마방사선촬영은 촬영 수의 비율이 각각 61.2%, 25.2%로 전체의 1, 2번째로 많으며, 촬영 종류별 1인당 유효선량 비율은 각각 9.9%, 65.1%만큼 차지하여 3, 1번째로 많은 비율을 보였다. 특히 치근단방사선촬영은 만 3세 미만에서, 파노라마방사선촬영은 만 4세 이상에서 가장 많은 1인당 유효선량 비율을 보였다. 치근단 및 파노라마방사선촬영은 환자 선량이 콘빔CT나 CT보다는 낮지만 치과 질환이나 교정치료 등 반복적으로 촬영이 필요한 경우가 많다. 치근단방사선촬영은 협조도 부족으로 인해 구외촬영이 어려운 영유아에서 주로 시행하기 때

에 촬영 종류별 1인당 유효선량의 비율도 영유아에서 높다. 파노라마방사선촬영 또한 협조도를 얻을 수 있는 나이에서부터 통상적으로 촬영을 시행하기 때문에 각 연령 구간별로 많이 촬영하는 방사선촬영 종류를 파악하고 이에 따라 방사선량 조사를 감소하는데 특히 노력해야 한다.

이 연구에서 평균 1인당 유효선량 최대값이 일반대중의 기준치보다 낮았고 80%이상의 환자가 0.1 mSv 미만의 유효선량을 조사받았다. 그러나 일반 대중의 유효선량 기준치를 넘는 환자가 존재하고 1인당 유효선량이 연령에 따라 증가하는 경향성을 보이며, 치과 방사선에 비해 의료 방사선이 차지하는 유효선량의 비율이 크기 때문에 의료 방사선 조사까지 고려한다면, 방사선촬영이 증가하는 추세 속에서 치과의사는 소아 및 청소년 치과 방사선 촬영 시에 주의가 필요하며 방사선 방호의 중요성을 잊지 말아야 할 것이다.

이 연구는 연세대학교 치과대학병원만을 대상으로 조사가 시행되었기 때문에 일반적인 소아청소년의 방사선 촬영 현황 및 유효선량 값을 대표할 수 없다는 한계가 있다. 특히 3차 의료기관인 대학병원의 특성 상 중증의 치과적 질환을 가진 환자가 많기 때문에 콘빔CT와 CT 촬영 수가 일반적인 수보다 많이 촬영되었을 수 있다. 마지막으로 연령이 낮을수록 협조도 부족 및 작은 구강구조로 인한 촬영의 어려움으로 적절한 영상을 얻기 위해 여러 번 촬영이 필요할 수 있는데, 이 연구에서는 처방 수를 기준으로 하였기 때문에 실제 조사된 방사선량보다 저평가 되었을 수 있다. 이러한 한계에도 불구하고 이 연구를 통해 소아청소년들의 치과 방사선촬영으로 인한 이득을 극대화하고 방사선량을 최소화하는 것에 기여할 수 있을 것이며, 추후 전국적인 소아청소년들의 치과 방사선촬영 현황에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

이해상충(Conflicts of Interest)의 유무

이 논문에는 이해관계 충돌의 여지가 없음.

Appendix. Annual effective dose per person and maximum effective dose by age

Age Year	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Mean(Max)																		
2015	0.0038 (0.0084)	0.0061 (0.0758)	0.0086 (0.2360)	0.0121 (0.3165)	0.0245 (0.3692)	0.0512 (0.3716)	0.0593 (0.3839)	0.0668 (0.3608)	0.0675 (0.5510)	0.0674 (0.6198)	0.0741 (0.5750)	0.0736 (0.8225)	0.0759 (0.5244)	0.0841 (0.7960)	0.0800 (0.6844)	0.0735 (0.8555)	0.0715 (0.3654)	0.0800 (0.6782)	0.0927 (0.5390)
2016	0.0055 (0.0168)	0.0056 (0.0196)	0.0079 (0.1770)	0.0132 (0.3224)	0.0210 (0.2631)	0.0504 (0.5160)	0.0588 (0.6780)	0.0646 (0.4008)	0.0662 (0.8550)	0.0672 (0.8468)	0.0772 (0.6892)	0.0742 (0.5160)	0.0792 (0.4816)	0.0782 (0.6008)	0.0843 (1.0150)	0.0794 (0.6458)	0.0866 (0.5750)	0.0829 (0.7988)	0.0954 (0.5750)
2017	0.0049 (0.0112)	0.0055 (0.0196)	0.0085 (0.2603)	0.0125 (0.3446)	0.0270 (0.6049)	0.0576 (0.7126)	0.0639 (0.3380)	0.0703 (0.6570)	0.0720 (0.6396)	0.0748 (0.8150)	0.0806 (1.0896)	0.0812 (0.5406)	0.0854 (0.4968)	0.0798 (0.6036)	0.0847 (0.7454)	0.0836 (0.6570)	0.0859 (0.5160)	0.0882 (0.7370)	0.0946 (0.4560)
2018	0.0051 (0.0112)	0.0059 (0.0224)	0.0076 (0.0814)	0.0137 (0.2799)	0.0281 (0.3277)	0.0593 (0.5160)	0.0696 (0.5378)	0.0765 (0.5188)	0.0748 (0.4560)	0.0784 (0.6190)	0.0844 (0.6745)	0.0837 (0.5368)	0.0842 (0.5188)	0.0847 (0.8550)	0.0759 (0.4048)	0.0885 (0.6970)	0.0899 (0.4570)	0.0989 (0.9730)	0.1025 (0.5750)
2019	0.0053 (0.0168)	0.0067 (0.0646)	0.0083 (0.0730)	0.0149 (0.3980)	0.0359 (0.6380)	0.0689 (0.5216)	0.0792 (0.7988)	0.0853 (0.6611)	0.0805 (0.6289)	0.0857 (0.5593)	0.0883 (0.7398)	0.0917 (0.5425)	0.0903 (0.6970)	0.0821 (0.6780)	0.0942 (0.7160)	0.0867 (0.7145)	0.0948 (0.6492)	0.0993 (0.5400)	0.1056 (0.5790)

* Minimum effective dose was 0.0028 mSv(effective dose of intraoral dental radiographies) in all age and year groups.

참 고 문 헌

- Madan K, Baliga S, Thosar N, Rath N. Recent advances in dental radiography for pediatric patients: A review. *J med radiol pathol surg* 2015;1(2):21-25. <https://doi.org/10.15713/ins.jmrps.11>.
- National Council on Radiation Protection and Measurements. Achievements of the Past 50 Years and Addressing the Needs of the Future [Internet]. 2014. [cited 2022 August 10]. Available from: <https://ncrponline.org/publications/annual-meeting-proceedings-and-presentations/>.
- Cousins C, Miller D, Bernardi G, Rehani M, Schofield P, Vañó E, et al. International commission on radiological protection. *Ann ICRP* 2011; 120: 1-125.
- Khong P, Ringertz H, Donoghue V, Frush D, Rehani M, Applegate K, et al. ICRP publication 121: radiological protection in paediatric diagnostic and interventional radiology. *Ann ICRP* 2013; 42(2): 1-63. <https://doi.org/10.1016/j.icrp.2012.10.001>.
- Enforcement Decree of the Nuclear Safety Act. Dose Limit [Internet]. [cited 2022 August 10]. Available from: <https://www.law.go.kr/LSW/lsInfoP.do?lsiSeq=228965#0000>.
- Preston D, Ron E, Tokuoka S, Funamoto S, Nishi N, Soda M, et al. Solid cancer incidence in atomic bomb survivors: 1958-1998. *Radiat Res* 2007; 168(1): 1-64. <https://doi.org/10.1667/RR0763.1>.
- Claus EB, Calvocoressi L, Bondy ML, Schildkraut JM, Wiemels JL, Wrensch M. Dental x-rays and risk of meningioma. *Cancer* 2012; 118(18): 4530-4537. <https://doi.org/10.1002/cncr.26625>.
- Memon A, Godward S, Williams D, Siddique I, Al-Saleh K. Dental x-rays and the risk of thyroid cancer: a case-control study. *Acta Oncol* 2010; 49(4): 447-453. <https://doi.org/10.3109/02841861003705778>.
- Korea Disease Control and Prevention Agency. Assessment of radiation exposure of Korean population by medical radiation [Internet]. [cited 2022 August 10]. Available from: https://kdca.go.kr/filepath/boardDownload.es?bid=0003&list_no=712580&seq=1.
- Korea Disease Control and Prevention Agency. Guideline for diagnostic reference level(dental radiography) [Internet]. [cited 2022 August 10]. Available from: https://www.kdca.go.kr/board/board.es?mid=a20305050000&bid=0003&act=view&list_no=364869.
- Korea Disease Control and Prevention Agency. CT radiation exposure dose evaluation program(ALARA-CT) [internet]. [cited 2022 August 10]. Available from: <https://www.kdca.go.kr/board/board.es?mid=a20305050000&bid=0003>.

참 고 문 헌

12. Kühnisch J, Anttonen V, Duggal M, Spyridonos ML, Rajasekharan S, Sobczak M, et al. Best clinical practice guidance for prescribing dental radiographs in children and adolescents: an EAPD policy document. *Eur Arch Paediatr Dent* 2020; 21(4): 375–386. <https://doi.org/10.1007/s40368-019-00493-x>.
13. Health Insurance Review and Assessment Service. Statistics of frequent disease [Internet]. [cited 2022 August 10]. Available from: <http://opendata.hira.or.kr/op/opc/olapHifrq SickInfo.do>.
14. 대한소아치과학회. 소아청소년치과학. 제5판. 서울: 덴탈위스덤; 2014. p. 281, 289, 566, 567.
15. Taylor GK, Macpherson LMD. An investigation into the use of bitewing radiography in children in Greater Glasgow. *British dental journal* 2004; 196(9): 563–568. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4811228>.
16. Go GJ. Precautions for radiography and photography of children. *J Kor Dent Assoc* 1991; 29(12): 921–924.
17. 전국 치과교정학 교수협의회. 치과교정학. 제3판. 서울: 지성출판사; 2014. p. 237.
18. Huddleston Slater JJ, Lobbezoo F, Onland-Moret NC, Naeije M. Anterior disc displacement with reduction and symptomatic hypermobility in the human temporomandibular joint: prevalence rates and risk factors in children and teenagers. *J Orofac Pain* 2007; 21(1): 55–6.
19. Nilsson IM, List T, Drangsholt M. Incidence and temporal patterns of temporomandibular disorder pain among Swedish adolescents. *J Orofac Pain* 2007; 21(2): 127–3.
20. Miracle AC, Mukherji SK : Cone-beam CT of the head and neck, part 2 : clinical applications. *Am J Neuroradiol* 2009; 30: 1285–1292. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A1654>.
21. Silveira LFM, Silveira CF, Martos J, Piovesan EM, Neto JBC. Clinical technique for invasive cervical root resorption. *J Conserv Dent* 2011; 14: 440–444. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.87225>.
22. Song JS, Lee JH, Choi HJ, Son HK, Kim SO. Consideration of anesthetic method of deep impacted mesiodens. *J Korean Acad Pediatr Dent* 2012; 39: 1. <https://doi.org/10.5933/JKAPD.2012.39.1.90>.
23. Jung YH, Cho BH. Radiographic evaluation of third molar development in 6-to 24-year-olds. *Imaging Sci Dent* 2014; 44(3): 185–191. <https://doi.org/10.5624/isd.2014.44.3.185>.
24. Fontana M, Yepes JF, Eckert GJ, Hale KJ, Benavides E. Patterns of radiograph use in a population of commercially insured children. *J Am Dent Assoc* 2022; 153(5): 405–413. <https://doi.org/10.1016/j.adaj.2021.09.014>.
25. Menaker NH, Yepes JF, Vinson LA, Jones JE, Downey T, Tang Q, et al. Prescription of bitewing and panoramic radiographs in pediatric dental patients: An assessment of current trends and provider compliance. *J Am Dent Assoc* 2022; 153(1): 23–30. <https://doi.org/10.1016/j.adaj.2021.07.001>.
26. Muzzin KB, Flint DJ, Schneiderman E. Dental radiography prescribing practices: a nationwide survey of dental hygienists. *Gen Dent* 2019; 67(2): 38–53.
27. Shin HS, Nam KC, Park H, Choi HU, Kim HY, Park CS. Effective doses from panoramic radiography and CBCT(cone beam CT) using dose area product (DAP)95 in dentistry. *Dentomaxillofac Radiol* 2014; 43(5): 20130439. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20130439>.